



太陽和太陽系

戴文賽著

商務印書館出版

## 目 錄

第一章	太陽的距離,大小,質量.....	1
第二章	太陽外部的情形.....	9
第三章	黑子.....	18
第四章	太陽的能量.....	28
第五章	太陽系.....	34
第六章	地球和月亮.....	44
第七章	日食和月食.....	51
第八章	水星,金星,火星.....	60
第九章	木星和土星.....	72
第十章	天王星,海王星,冥王星.....	81
第十一章	彗星.....	85
第十二章	流星和隕星.....	92

# 太陽和太陽系

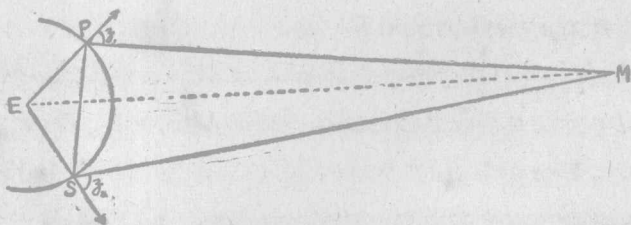
## 第一章 太陽的距離，大小，質量

太陽是和我們住在地球上的人類關係最密切的天體（在地球大氣之外的物體都叫“天體”）。太陽供給我們光和熱。地球上各種能量的來源（如煤炭，石油，水力，風力，）大部分和太陽發生密切的關係。沒有太陽光，植物就不會生長。沒有太陽光，我們在晚上就看不到月亮，看不到金木水火土這些行星；因為月亮和行星自己不發光，只是反射太陽的光。太陽光又是氣象變化的主要原因。太陽和我們關係這樣密切，我們必須盡所能去認識它，了解它。

太陽和月亮這兩個最顯著的天體有幾點相同的地方，也有幾點不相同的地方。相同的有：（一）它們看起來是幾乎一樣大的圓形；（二）它們每天都東升西落。不相同的有：（一）太陽光比月光強得多；（二）月亮有盈虧的現象，太陽沒有；（三）仔細觀測它們在恆星中間的位置，就可以發現太陽在恆星之間每年繞轉一周，月亮則每個月繞轉一周。這些事實可能表示太陽和月亮一樣大一樣遠，只是太陽的光度比月亮大得多；也可能表示光度一樣，可是太陽比月亮小得多近得多。這兩種可能的結論還是不

能解釋爲甚麼日月星辰都東升西落，爲甚麼月亮有盈虧的現象，爲甚麼太陽在恆星間每年轉一週，月亮每個月轉一週。要解決這些問題，先得知道太陽和月亮離開我們到底有多遠。

在地面上要測量一個相當大的距離，普通都是利用三角的方法：一個三角形如果知道一邊和兩個角度，就可以算出其他兩邊和第三個角度。我們也可以利用這種“三角測量法”來決定一個天體的距離。我們可以選定一個時候請在北京的一個人和在澳洲錫尼城的一個人同時測量月亮和“天頂”（天球上最高的那一點，也就是我們頭上的一點）所成的角度  $z_1$  和  $z_2$ 。在第一圖



第一圖 測定天體距離的方法

裏，E 代表地球的中心，P 代表北京，S 代表錫尼，M 代表月亮，EP 和 ES 等於地球的半徑。從北京的經緯度和錫尼的經緯度可以算出 PS 的長度和  $\angle PES$ ， $\angle EPS$ ， $\angle ESP$  的數值。知道了  $z_1$  和  $z_2$ ， $\angle MPS$  和  $\angle PSM$  也可以求出來。先解三角形 PSM 來求出 PM，再解三角形 PME (EP 和 PM 已知， $\angle EPM = 180^\circ - z_1$ ) 就得到 EM 了。

用三角法來求月亮的距離很方便， $\angle PMS$  差不多等於一度。月亮的距離不是固定的，有時候大一點，有時候小一點。最大 407,000 公里，最小 356,000 公里，平均 384,400 公里。現在我們知道月亮每個月繞地球運轉一周，軌道是橢圓形。橢圓形有兩個焦點。地球在兩個焦點的一個上面。所以月亮的距離才有時候大一點，有時候小一點。

如果用同樣的方法來測量太陽的距離，我們將要發現  $PMS$  那個角度算出來非常小，不到十秒，所以三角形  $PMS$  幾乎是一條直線。這表示太陽比月亮遠得多。現在我們知道太陽比月亮遠差不多四百倍，直徑也比月亮大，差不多四百倍；所以由地球上的人看起來，太陽和月亮好像一樣大。

1618 年克普勒發表行星運動第三定律：“行星繞太陽運轉的周期的平方被行星和太陽的平均距離的立方除，等於一個常數。”有了這條定律，只要量出一個和地球比較近的行星的距離，就可以推算出太陽的距離。和地球最近的行星是金星和火星。金星的軌道在地球的軌道裏面，所以和月亮一樣的有盈虧的現象。和地球最近的時候正像新月，幾乎看不見；所以不能利用金星來測定太陽的距離。剩下唯一可能利用的就是火星。火星最近地球的時候，它的距離只有太陽的距離的三分之一多一點。每十五年或者十七年才有一次火星離開地球為最近，總在這年的八月。1680 年巴黎天文台第一任台長卡西尼在巴黎觀測火星，又派一位助理到南美洲去觀測。推算出來的太陽距離是 140,000,000 公

里；不過“可幾誤差”大到七百萬公里，就是說太陽的距離只能說是在 133,000,000 公里和 147,000,000 公里之間。後來又有幾位天文家利用火星的觀測得到的結果：有的和卡西尼的相近，有的大一點，和現在的數值比較近。

利用火星測定太陽的距離有一點不方便：就是用望遠鏡看火星，所看到的並不是一小點光，而是一個圓形。因此不容易把火星的位置量得很準確。太陽系除去九個行星之外，還有很多小行星，它們也都繞太陽運轉，不過軌道是比行星軌道扁得多的橢圓形。小行星的軌道已經算出來的有一千六百多個。有些小行星有時候走到離開地球不遠的地方。有人提議利用小行星來測定太陽的距離。1888 到 1890 年，琪爾在非洲南端好望角觀測三個小行星的位置，推算出來的太陽距離是 149,430,000 公里。還有一個更適用的小行星就是愛羅斯。它的直徑只有 24 公里，周期等於 643.23 日，或者 21.1 月。愛羅斯走近地球的時候，它的距離只有太陽距離的六分之一。不過這種機會不常有，在 1894 年有過一次；可惜它是 1898 年才被發現的。1931 年二月愛羅斯又離開地球很近，距離只有兩千六百萬公里。那時候有十幾個國家的二十幾個天文台都在觀測這個小行星。一共有三十個望遠鏡對準這個小天體，攝取它的相片。大家把所得到的觀測資料寄給格林尼治天文台，由該台台長瓊斯整理資料，推算太陽的距離。這件工作一直到 1941 年 7 月才全部完成，公佈的結果如下：——

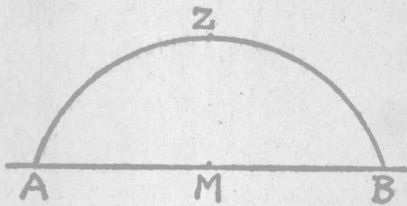
太陽的平均距離等於 149,675,000 ± 17,000 公里。

所謂“平均距離”就是地球繞太陽的橢圓軌道的“半長徑”；太陽和地球的真實距離每年增減一周，最大 152,000,000 公里（七月初），最小 147,000,000 公里（一月初）。太陽的平均距離在天文學上是一個很重要的單位；行星，小行星，彗星，和恆星的距離都以它為標準，所以叫做“天文單位”。

測定太陽的距離還有幾種別的方法，所得到的結果都差不多。

地球繞太陽運轉的軌道是一個橢圓形，所以地球和太陽的真實距離常在變化，因此角直徑也常在變化，最大比最小大百分之三。角直徑的平均值是 31 分 59.3 秒的角度。從這個數目和太陽的平均距離，可以算出太陽的直徑等於 1,393,000 公里，相當於地球的平均直徑的 109.3 倍。太陽表面的面積等於地球的一萬二千倍，體積等於地球的一百三十萬六千倍。

早晚的太陽看起來好像比中午的太陽大。月亮近地平線的時候看起來也好像比近天頂的時候大得多。恆星和恆星在天球上相隔的距離（實際上只是角度）也好像近地平線的時候大，近天頂的時候小。這些現象是可以解釋的。天體近地平的時候，有地上的山川樹木房屋人物來和它們比較，所以顯得大一點。我們如果站在一塊很大很空的平地上抬頭看天，總覺得天球不是一個半圓球形而是一個“圓帽”的形狀。在第二圖裏 M 代表觀測者所站的地方，Z 代表天頂，A 和 B 代表地平線上相對的兩點。一般人總覺得 AM 和 BM 比 ZM 長。還有一點，一般人抬頭看天，



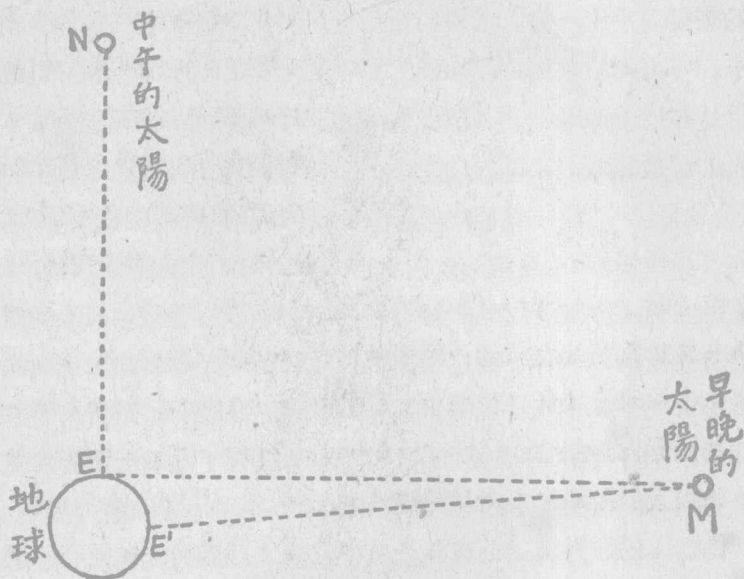
第二圖 天球

常是站着看。看那些離開地平線不遠的東西是向前面看，就是“正看”。要看近天頂的東西先得把頭抬起來。把頭往後抬，普通很少彎到九十度；眼球則可以

多轉一點。所以一般人往上面看東西常是斜看不是正看。從心理學的實驗我們知道同樣一件東西，斜看總比正看顯得小一點。這也是中午的太陽比早晚的太陽顯得小的一個原因。如果在同一天用儀器去測量太陽的角直徑，就會發現中午的太陽的角徑和早晚的太陽在水平方向的角徑完全一樣。爲了大氣折射的原因，早晚的太陽在垂直方向的角徑比中午的太陽還小一點；所以朝日和落日看起來不是正圓形而是扁圓形。

列子書中有一個故事，說有兩個小孩子在辯論到底太陽是早晚離地近一點，還是中午離地近一點這個問題。一個孩子說：早晚的太陽比中午的大，所以早晚的太陽比中午的近。另外一個孩子說：中午的太陽比早晚的熱，所以中午的太陽近。孔子聽到這一場辯論，不曉得應當如何排解；因爲他自己也不明白到底是早晚的太陽近呢，還是中午的太陽近。我們現在知道中午的太陽比早晚的太陽稍爲近一點。在第三圖裏E代表觀測者所在的地方。中午太陽在N點，黃昏的時候太陽跑到M點了。 $ME' = NE$ 。所以ME和NE相差還不到地球的半徑。地球的平均半徑只有





第三圖 早晚的太陽和中午的太陽

太陽的平均距離的二萬三千五百分之一。早晚的太陽離開觀測者比中午的太陽稍為遠一點，看起來反而大一點，就是爲了上面提過的原因。至於熱度的不同，主要的原因却不是距離的差別，因爲這個差別太小了。中午太陽光是垂直經過大氣層，早晚是從橫的方面來的；所以中午太陽光經過的空氣厚度比早晚經過的小得多，受到空氣的吸收當然也就小得多。還有，中午的太陽是直射到地上，早晚的太陽是斜射的。爲了這兩個原因，中午的太陽光才比早晚的強，中午的溫度才比早晚的高。

太陽是一個非常大的物體。它的直徑比月亮繞地球的軌道

的直徑幾乎大一倍。太陽的質量可以利用克普勒第三定律算出來。算出的結果是：太陽的質量等於地球質量的 333,420 倍，也就是等於  $1.992 \times 10^{33}$  公分，差不多二千萬萬萬萬萬萬公噸。太陽的體積等於  $1.4153 \times 10^{33}$  立方糎。太陽的平均密度等於 1.41 (公分每立方糎)。各部分的密度不是均勻的：中心的密度最大，向外面慢慢減小。地球的平均密度等於 5.517，比太陽大四倍。太陽的表面重力加速度等於每秒每秒 273.6 公尺，等於地面上的重力加速度的 27.89 倍。所以在地上一斤重的東西拿到太陽上面去就變成幾乎二十八斤重的了。不過要這樣比較要用彈簧秤，不能用普通的秤。如果用普通的秤稱東西，那麼到了太陽上面錘的重量也增加二十幾倍，便無從比較了。

## 第二章 太陽外部的情形

知道了太陽的距離，大小，質量，和平均密度之後，讀者一定想再進一步，知道下列這些問題的答案：太陽是甚麼？是固體呢，還是液體，還是氣體？組成它的物質就是地球上的九十幾種化學元素嗎，或者是些地球上所沒有的東西？太陽上面有空氣沒有？有生物沒有？它的表面溫度有多高？它的內部構造如何？它的光度有多大？是很固定的嗎？它怎麼會繼續不斷的發光？它的燃料是甚麼？它也像地球月亮和行星老在自轉嗎？我們沒有辦法到太陽上面去實地考查，我們只可以在地上量它的光度，用望遠鏡觀測它表面的情形和變化，又用分光鏡分析它所發出來的光。現在我們已經能夠回答上面所列的問題的大部分了。

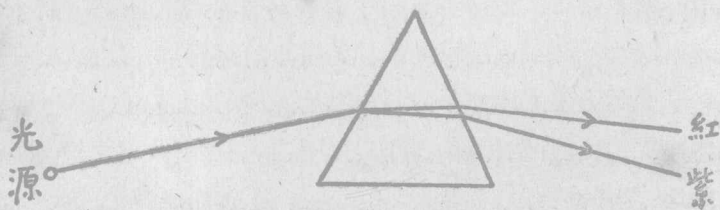
我們肉眼所看見的太陽是一個光亮的圓面，叫做“光球”。用望遠鏡詳細一點看，就可以看出日面各部分的亮度並不完全一樣，中心亮一點，向邊緣慢慢減弱。在邊緣的地方，紅光的亮度只有中心的百分之三十，紫光只有百分之十三。這種現象表示太陽也有一層相當厚的氣層。日面中部射出來的光經過薄一點的氣層，被吸收少一點；近邊緣光線經過較厚的氣層，被吸收大部分。這和早晚的太陽光比中午的弱一點是同樣的道理。日面上常有黑的斑點出現，叫做“黑子”。關於黑子，我們等下一章再說。近邊緣的地方有時候可以看見光亮的斑點，叫做“光斑”。光斑的溫度比周圍高一二百度，太陽表面，沒有光斑又沒有黑子的地方的溫

度，差不多是攝氏表六千二百度。黑子的溫度只有五千度。

如果用很大的望遠鏡攝一張太陽的照片（放大率要很大），還可以在沒有黑子和沒有光斑的地方看到許多很小的斑點，黑白相間。日面各部分都有這種小斑點。這種現象叫做“米粒組織”。亮的米粒直徑從 710 到 2100 公里，中心相距差不多 1500 公里。米粒的形狀和光度常在變化，不會固定到一兩分鐘以上。一瞬間可以數到二百多萬個米粒。

在日全食，太陽一被月亮完全掩蓋的時候，太陽四周馬上出現一個很大的光暈，叫做“日冕”。日全食的時候，也可能看到太陽周圍最近表面的地方有一條很狹的紅色的光環，叫做“色球”。有時候可以看見色球上面有凸出的東西，也是紅的顏色，好像是從太陽裏噴出來的，叫做“日珥”。

牛頓於 1666 年發現太陽光不是單純的，而是由好幾種顏色不同的光合成的。他使太陽光經過一塊玻璃三稜鏡，得到一條包括紅，橙，黃，綠，青，藍，紫這些顏色的光帶。現在我們叫這種光帶做“光譜”。有時在下雨之後天空裏出現的虹就是太陽的一種



第四圖 三稜鏡產生光譜的原理

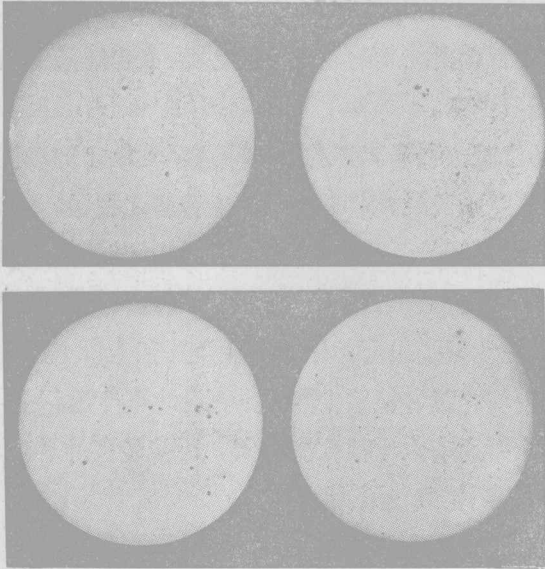
光譜。光是一種波動，波有“波長”。紅光的波長比紫光大。光在空氣裏頭的速度和在玻璃裏頭的速度不同，所以光線由空氣進入玻璃的時候便被屈折。光的顏色（就是波長）不同，<sup>173</sup>折射率也不同。玻璃對紫光的屈折比對紅光的屈折多；因此合成光經過三稜鏡後便被分為各種單色光。

十九世紀開始之後，科學工作者對光譜這種現象才加以注意和應用，“分光術”逐漸發展。1870年照相術發明之後，分光術的進展更快。從太陽光譜的分析，可以知道太陽外部是甚麼東西。分析的結果很出人的意料之外，就是氫和氦這兩種最輕的化學元素佔組成太陽的物質的最大部分。氦還是先在太陽上面發現。然後才在地上發現。氫和氦佔太陽質量百分之九十七以上。氫和氦之外，太陽上面還有六十種化學元素，比較豐富的是碳，氮，氧，鐵，矽，鈉，鉀，鈣這幾種元素。

1890年有人發明一種儀器，叫做“太陽分光攝影儀”來照出“太陽分光圖”，就是太陽的單色照片。在普通照片上面看不到的特徵，常可在單色照片上面看到。最常用的兩種波長是6562.79埃和3933.68埃，（埃是光的波長的單位，等於一釐的一萬萬分之一）。6562.79埃是氫所生的紅光譜線的波長；3933.68埃是鈣離子（失掉了一個電子的原子）所生的紫光譜線的波長。這兩條光譜線是太陽光譜裏頭最强的兩條譜線。

在分光圖上面可以看到許多斑點，叫做“譜斑”，亮的（白的）和暗的（黑的）都有。也常出現些黑的線條，那就是“日珥”。在黑

子羣周圍常有渦旋式的結構，也常有亮的譜斑。亮的譜斑常比黑子先出現。有太陽分光攝影儀的天文台；每天最少照兩張太陽分



第五圖 太陽的直接照片(左)和分光圖(右)

(上兩圖於1906年7月30日攝，下兩圖1917年8月12日攝。上右的分光圖用鈣的紫線攝，下右用氫的紅線攝。)

光圖，上午一張，下午一張，或者更多（除非整天陰雲）。分光圖上的特徵幾乎每天不同；有些特徵變化得很快。有時候忽然出現一個或幾個亮的譜斑，叫做“日輝”。這種東西變化很快，常在幾分鐘之內就達到

最大的亮度。有些消滅得很快，幾分鐘就消逝了；有些存在到幾小時。它們比較常在黑子旁邊出現；有時候則在沒有黑子的地方出現。“日輝”和地上無線電收音很有關係。短的無線電波所以能傳到地球上任何地方，是靠大氣上層的“電離層”的反射。電離層從100公里的高度開始，一直到350公里的高度。從太陽射出來

的短紫外光和小質點使那一層的空氣分子電離（失掉一個或更多的電子）。很可能日輝出現的時候，太陽射出特別多的短紫外光，使電離層的“電離度”\* 大大增加。電離度增加太多，短的無線電波都穿進或者穿過電離層，而不被反射回來。有時無線電收音很不清楚，或者一點聽不見，這是一個重要的原因。

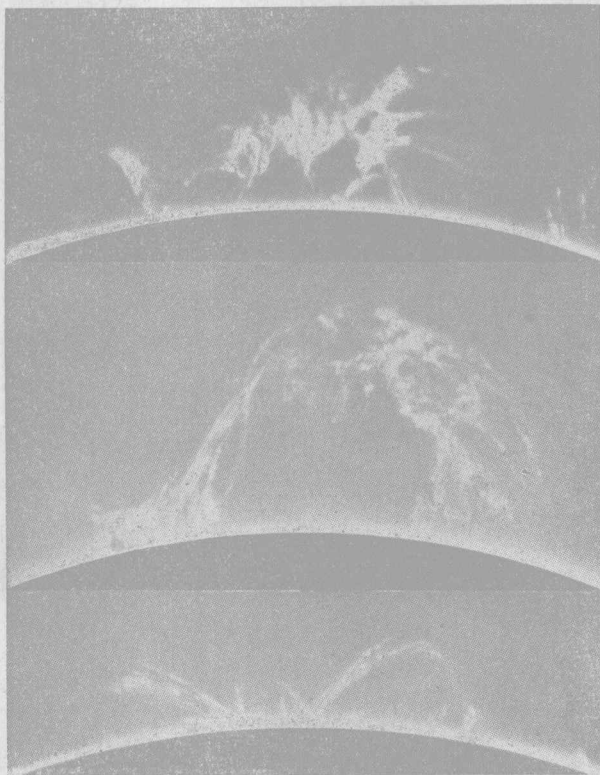
“日輝”變化很快，甚麼時候出現又不容易預知；所以不容易用太陽分光攝影儀研究，除非每兩分鐘拍一張照片。1924年有人發明“太陽分光鏡”，利用它可以隨時觀測太陽（也是用單色光）。一發現有“日輝”出現，就仔細觀測它的變化過程，或者用太陽分光攝影儀拍一組相片。

日珥從前只能在日全食的時候看到，現在有了太陽分光鏡，便常可以看到。太陽自轉，日珥部分轉到邊緣的時候，便看見一塊凸出的東西，好像日面有火山噴射出來的。普通觀測日珥在氫的紅線波長觀測，所以日珥呈現紅色。有些日珥變化很慢，幾天之內都可以看見；這一種叫做“寧靜日珥”。這種日珥可能在日面上任何部分出現。大部分和日面相連；有些則不相連，靠太陽的光壓力飄浮於半空。它們的光不算太強。組成寧靜日珥的物質極大部分是氫，氦和鈣。黑子多的時候，寧靜日珥也多一點。

變化快的日珥叫做“活動日珥”，常是由寧靜日珥變過去的。變化最快的叫“爆發日珥”，好像地上火山的爆發。這一類只出現在黑子附近，光很強。組成它的物質除去氫，氦，鈣之外，還有鐵，

\* 被電離的分子佔全部分子的百分之幾

鎂，鈦，鋇和鈉等。有些天文台製造一種“太陽分光活動照像儀”去攝取日珥的電影，把它的變化過程紀錄下來。詳細觀測的結果證明爆發日珥的速度往外增加，增加不是連續的，而是突然的。1938年3月20日有一個爆發日珥出現，開始的速度每秒鐘65公里，一小時之後突然達到每秒135公里，再過一小時，又忽



第六圖 日珥

然跳到每秒200公里。那個日珥上升到太陽直徑1.12倍的地方。1937年9月17日有一個爆發日珥在半小時內上升到一百萬公里的高度，速度達到每秒700公里，比聲音在空氣裏的速度大兩千倍。這



兩個是特殊一點的，普通的沒這麼厲害。有時候可以同時看見二十個活動日珥在太陽的邊緣。一個很普通的日珥，體積比地球大一百倍！

日全食時所看見的那個繞日光輪叫做“日冕”。它的形狀和黑子有關係：如果那一年黑子多，日冕近似圓形；如果那一年黑子少，日冕成爲橢圓形，兩極附近有羽毛狀的射線。日冕的大小隨天氣，觀測方法和其他原因而不同。肉眼所看到的日冕的直徑常是光球直徑的一倍半到三倍。如果日全食時天氣很好，用很好的照相機，露光時間長一些，就可能拍到長幾百萬公里的射線。日冕的亮度差不多等於望月的一半，就是太陽亮度的一百萬分之一。

日冕實際上是太陽蒙氣的一部分，在色球的外面，和色球沒有明顯的分界線。爲方便起見，天文家常把日冕分做兩部分：內冕和外冕。內冕包括從二萬公里到十七萬公里高的部分，十七萬公里以上的部分叫“外冕”。內冕淡黃色；外冕青白色。內冕的構造很複雜，黑子和日珥附近常有流動變化，日珥附近常有射線。日冕的光大部分是反射的日光。天文家詳細研究日冕和色球的光譜的結果，證明色球和內冕的溫度比光球的表面高。光球表面的溫度只有攝氏六千度，色球的溫度從二萬度到十萬度，內冕的溫度高到一百萬度以上。外冕的溫度則又低下去。由空間進入太陽蒙氣的小質點使太陽蒙氣生出對流，而得到高溫度。這個解釋是否充分，現在還需要繼續研究。地球大氣也有類似的現象。十